

Sokolov, G.Yu. Melnikov, Iñaki Orue, G.V. Kurlyandskaya // Sensors. – 2018. – Т. 18. – №. 3. – С. 872.

2. Darton N. Magnetic Nanoparticles in Biosensing and Medicine / N. Darton A. Ionescu, J. Llandro. – Cambridge: Cambridge University Press, 2019. – P. 295

3. Kurlyandskaya G.V. Domain structure and magnetization process of a giant magnetoimpedance geometry FeNi/Cu/FeNi (Cu) FeNi/Cu/FeNi sensitive element / G. V. Kurlyandskaya, L. Elbaile, F. Alves, B. Ahmada, R. Barrue, A. V. Svalov, V. O. Vas'kovskiy, //Journal of Physics: Condensed Matter. – 2004. – Т. 16. – №. 36. – С. 6561.

4. Mohri K. Recent advances of amorphous wire CMOS IC magneto-impedance sensors: innovative high-performance micromagnetic sensor chip / K. Mohri, T. Uchiyama, L.V. Panina, M. Yamamoto, K. Bushida // Journal of Sensors. – 2015. – Т. 2015.

5. Mahdi A.E. Some new horizons in magnetic sensing: high-Tc SQUIDS, GMR and GMI materials / A.E. Mahdi, L. Panina, D. Mapps // Sensors and Actuators A: physical. – 2003. – Т. 105. – №. 3. – С. 271-285.

6. Sugita Y. Critical thickness and perpendicular anisotropy of evaporated permalloy films with stripe domains / Y. Sugita, H. Fujiwara, T. Sato // Applied Physics Letters. – 1967. – Т. 10. – №. 8. – С. 229-231.

7. Yabukami S. A thin film magnetic field sensor of sub-pT resolution and magnetocardiogram (MCG) measurement at room temperature / S. Yabukami, K. Kato, Y. Ohtomo, T. Ozawa, K.I. Arai // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2009. – Т. 321. – №. 7. – С. 675-678.

УДК 616.9:614.47

**Платонова Т.А., Обабков В.Н., Голубкова А.А.
ИМИТАЦИОННОЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В
ПРОГНОЗЕ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ КОРЕВОЙ ИНФЕКЦИЕЙ В
УСЛОВИЯХ АКТИВИЗАЦИИ ЭПИДЕМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА
ЭТАПЕ ЭЛИМИНАЦИИ**

Кафедра эпидемиологии, социальной гигиены и организации
госсанэпидслужбы

Уральский государственный медицинский университет
Кафедра интеллектуальных информационных технологий
Уральский федеральный университет
Екатеринбург, Российская Федерация

**Platonova T.A., Obabkov V.N., Golubkova A.A.
SIMULATION MATHEMATICAL MODELING TO FORECAST THE
INCIDENCE OF MEASLES INFECTION IN THE ACTIVATION OF THE
EPIDEMIC PROCESS AT THE STAGE OF ELIMINATION**

Department of epidemiology, social hygiene and organization of the state
sanitary service

Ural state medical university

Department of intellectual information technologies

Ural federal university

Yekaterinburg, Russian Federation

E-mail: fill.1990@inbox.ru

Аннотация. В статье представлены результаты прогноза заболеваемости корью в мегаполисе на завершающем этапе элиминации инфекции (по данным многофакторного имитационного математического моделирования эпидемического процесса).

Построение математической модели позволило определить приоритетные в современных условиях направления контроля инфекции, которые позволят обеспечить эпидемиологическое благополучие территории на длительный период.

Annotation. The article presents the results of predicting the incidence of measles in the metropolis at the final stage of elimination of infection (according to multi-factor simulation mathematical modeling of the epidemic process).

The construction of a mathematical model made it possible to determine the priority areas of infection control in modern conditions, which will ensure the epidemiological well-being of the territory for a long period.

Ключевые слова: корь, заболеваемость, прогноз, математическое моделирование

Key words: measles, morbidity, prognosis, mathematical modeling

Введение. В последние годы на территории многих стран, в том числе и Российской Федерации, наблюдается активизация эпидемического процесса кори. Регистрируются локальные вспышки инфекции, с активным распространением в медицинских организациях и образовательных учреждениях [1, 3, 4].

Сложившаяся ситуация свидетельствует о неэффективности существующей системы эпидемиологического надзора за корью и необходимости ее оптимизации. Для определения корректирующих мероприятий в современных условиях следует использовать методы, основанные на прогнозе заболеваемости.

Рядом авторов уже предпринимались ранее попытки прогноза заболеваемости корью, в том числе с использованием приемов математического моделирования [2, 5]. Однако изменение в современных условиях ключевых детерминант эпидемического процесса коревой инфекции требует разработки новых математических моделей для прогноза.

Цель исследования – оценить возможности для прогноза заболеваемости корью в условиях активизации эпидемического процесса на этапе элиминации, на основании технологий мультифакторного имитационного моделирования.

Материалы и методы

Исследование выполнено в 2018-2019 гг. на кафедре эпидемиологии, социальной гигиены и организации госсанэпидслужбы ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России и кафедре интеллектуальных информационных технологий Института фундаментального образования ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

В процессе исследования были определены ключевые детерминанты, определяющие современные характеристики эпидемического процесса кори, и на их основе в специальном программном обеспечении AnyLogic Professional 7.0. построена имитационная математическая модель для прогноза эпидемической ситуации в мегаполисе.

В модель были заложены демографические показатели территории, привитость населения, параметры иммунного ответа на вакцинацию, особенности клинических проявлений заболевания, эпидемиологическая опасность источника инфекции с разным прививочным анамнезом, своевременность организации противоэпидемических мероприятий в очагах инфекции.

При составлении модели эпидемического процесса было учтено, что ситуация по кори в крупном промышленном городе на этапе ее элиминации представлена завозными с других территорий случаями инфекции, а вероятность возникновения эпидемического неблагополучия заключалась в наличии условий для последующего распространения инфекции в очагах среди восприимчивых к ней детей и взрослых. Для оценки риска формирования эпидемического неблагополучия каждые два месяца в систему «запускался» источник инфекции (завозной случай кори) и рассматривалось дальнейшее развитие ситуации по кори в последующие 50 лет, при разном значении контролируемых параметров, связанных с охватом прививками различных групп населения.

Риск распространения инфекции определялся по формуле:

$$F.capacity = (1-R/N)*I*\lambda*\mu, \quad \text{где}$$

R – число невосприимчивых к кори контингентов

N – численность населения

I – количество заболевших в текущий день

λ – контактное число для первого заболевшего с учетом его прививочного анамнеза

μ – организация противоэпидемических мероприятий

По итогам запуска модели получено более 1500 вариантов развития ситуации, которые были выгружены в базу данных. После обработки данных в системе Microsoft SQL Server Management Studio, результаты моделирования внедрились в программу Power BI, где выполнили их анализ и визуализацию.

Результаты исследования и их обсуждение

При сохранении контролируемых параметров на уровне, характерном современной ситуации (охват прививками детей в декретированных возрастах, а также совокупного населения - на уровне 50-60% и отсутствие введения бустерных доз вакцины), имел место высокий риск формирования эпиднеблагополучия. Вспышки кори регистрировались как в ближайшей, так и отдаленной перспективе, что подтверждало неэффективность существующей системы эпидемиологического надзора.

При увеличении охвата прививками детей в «индикаторных» возрастных группах до 95%, но сохранении иммунной прослойки совокупного населения на прежнем уровне (не более 60%), вспышки кори по-прежнему могли иметь место. Однако интенсивность подъемов заболеваемости стала в 2-3 раза меньше по сравнению с первым модельным вариантом.

В следующих моделируемых ситуациях учитывали полноту охвата прививками детей в декретированных возрастных группах не менее 95% и постепенное повышение иммунной прослойки населения до 90% (за счет увеличения количества вакцинированных). При такой комбинации переменных риск регистрации вспышек сохранялся (через 11 и 20 лет от момента запуска процесса), но интенсивность эпидемических подъемов также снижалась.

Далее в дополнение к вышеуказанным параметрам в моделируемые ситуации было заложено введение бустерных доз живой коревой вакцины каждые 10 лет. При охвате ревакцинацией до 50% жителей мегаполиса по-прежнему могли регистрироваться вспышки, но по прошествии 23-24 лет от момента запуска модели; при охвате ревакцинирующими прививками более 60% населения можно обеспечить эпидемиологическое благополучие в течение 30 лет; а при охвате 80% и более - ситуация сохранялась стабильной на протяжении 50 лет.

Выводы:

1. Разработанная имитационная математическая модель эпидемического процесса кори позволила дать прогноз развития ситуации на ближайшую и отдаленную перспективу, а также определить ключевые моменты для управления ситуацией.

2. Приоритетными направлениями для управления эпидемической ситуацией по коревой инфекции на этапе ее элиминации должны стать контроль своевременности и полноты охвата прививками детей в «индикаторных» группах (не менее 95%), поддержание высокой иммунной прослойки населения в целом не менее 90% и введение ревакцинации против кори каждые 10 лет (с охватом прививками не менее 80-90% ранее не болевшего корью населения).

Список литературы:

1. Бичурина М.А. Вспышка кори в детской больнице Санкт-Петербурга в 2012 году / М.А. Бичурина, Е.В.Тимофеева, Н.В. Железнова и др. // Журнал инфектологии, 2013. – Т. 5 – № 2. – С. 96–102.
2. Герасимов А.Н. Математическое моделирование системы «паразит-хозяин»: автореф. дис. ... док. физ.-мат. наук / А.Н. Герасимов. – М., 2009. – 46с.
3. Голубкова А.А. Эпидемический процесс коревой инфекции в период ее элиминации и стратегические направления контроля в условиях реального времени / А.А. Голубкова, Т.А. Платонова, А.Н. Харитонов и др. // Пермский медицинский журнал. – 2017. – Т. 34. – № 4. – С. 67-73.
4. Скрыбина С.В. Вспышка кори в Свердловской области / С.В. Скрыбина, С.А. Ковязина, С.В. Кузьмин и др. // Эпидемиология и вакцинопрофилактика, 2017. – № 2 (99). – С.50–56.
5. Цвиркун О.В. Эпидемический процесс кори в различные периоды вакцинопрофилактики: дис. ... д-ра мед. наук / О.В. Цвиркун. – М., 2014. – 40с.

УДК 617-089

**Полухинских А.Э., Породилов А.А., Кучумов А.Г.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОМЕХАНИЧЕСКОЙ
СИСТЕМЫ «АОРТА-ЛЕГОЧНАЯ АРТЕРИЯ-ШУНТ»**

Кафедра сердечно-сосудистой хирургии и инвазивной кардиологии Пермского
государственного медицинского университета имени академика Е.А. Вагнера
Минздрава России
Пермь, Российская Федерация

**Poluhinskih A.E., Porodikov A.A.
MATHEMATICAL MODELING OF THE BIOMECHANICAL SYSTEM
«AORTA-PULMONARY ARTERIA-BYPASS»**

Department of Cardiovascular Surgery and Invasive Cardiology
Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner
Perm, Russian Federation

E-mail:POLUHINSKIH.DOC@MAIL.RU

Аннотация: В статье рассмотрены возможности применения математического моделирования и создания биомеханической системы «аорта - легочная артерия-шунт» для визуализации и планирования оперативного вмешательства при коррекции врожденных пороков развития сердца.

Annotation: The article deals the possibility of using mathematical modeling and creating a biomechanical system “aorta-pulmonary artery-shunt” for visualization and planning of surgical intervention for the correction of congenital heart defects.